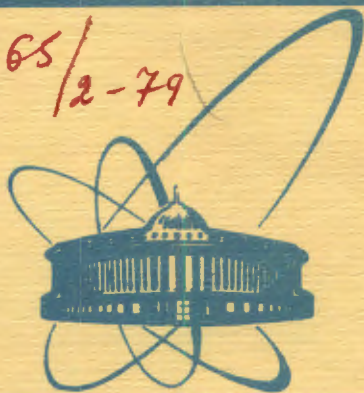


2465/2-79



Объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
Дубна

Г-129

P13 - 12272

Н.Д.Гагунашвили, Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев

УЧЕТ АППАРАТУРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ,  
СВЯЗАННЫХ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ  
СЕЧЕНИЙ И ПОЛЯРИЗАЦИЙ,  
В ОПЫТАХ ПО ДВОЙНОМУ РАССЕЯНИЮ

1979

P13 - 12272

Н.Д.Гагунашвили, Р.Я.Зулькарнеев, Х.Муртазаев

УЧЕТ АППАРАТУРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ,  
СВЯЗАННЫХ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ  
СЕЧЕНИЙ И ПОЛЯРИЗАЦИЙ,  
В ОПЫТАХ ПО ДВОЙНОМУ РАССЕЯНИЮ

*Направлено в ПТЭ*

Учет аппаратных погрешностей, связанных с энергетической зависимостью сечений и поляризаций, в опытах по двойному рассеянию

Конечная геометрическая и энергетическая разрешающая способность экспериментальных установок, с помощью которых проводятся опыты по т.н. "двойному рассеянию", является частым источником ложных эффектов при определении спиновых характеристик процесса взаимодействия частиц.

В настоящей работе отношение экспериментально наблюдаемых величин  $N_R$  и  $N_L$  выражается аналитически через искомую асимметрию рассеяния  $P_1 P_2$  и аппаратные функции  $R, S, T, \dots$  экспериментальной установки. Выражение

$$\frac{N_R}{N_L} = \frac{1 + (R+S)\frac{\theta_1^2}{n} + P_1 P_2 \{1 + [(V+PT+QU+R)+(W+QT+UP+S)]\frac{\theta_1^2}{n}\}}{1 - (R+S)\frac{\theta_1^2}{n} - P_1 P_2 \{1 + [(V+PT+QU+R)-(W+QT+UP+S)]\frac{\theta_1^2}{n}\}}$$

полученное в настоящей работе, является обобщением результатов более ранних работ /1-3/, учитывающим не только угловую, но и энергетическую зависимость сечений и поляризаций. С помощью численных расчетов показана необходимость учета ложных асимметрий в  $NN$ -рассеянии в прецизионных измерениях величин  $P_1 P_2$ .

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Calculation of Spurious Effects Connected with Energy Dependences of Polarization and Cross-Section at Nucleon Double Scattering

A finite geometrical and energetic values of apparatus resolution in experiments on double scattering are often the reason for spurious asymmetries. The ratio of the experimental quantities  $N_R$  and  $N_L$  have been expressed through asymmetry  $P_1 P_2$  and apparatus function  $R, T, S, \dots$ . The expression

$$\frac{N_R}{N_L} = \frac{1 + (R+S)\frac{\theta_1^2}{n} + P_1 P_2 \{1 + [(V+PT+QU+R)+(W+QT+UP+S)]\frac{\theta_1^2}{n}\}}{1 - (R+S)\frac{\theta_1^2}{n} - P_1 P_2 \{1 + [(V+PT+QU+R)-(W+QT+UP+S)]\frac{\theta_1^2}{n}\}}$$

obtained in the present paper is the generalization of the earlier results /1,2/ and takes into account both angular and energetic dependences of cross-sections and polarizations. Direct numerous calculations indicated that it is necessary to take into account the spurious effects in case of precisional measurements of the elastic  $NN$  scattering asymmetries.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubno 1979

## §1. ВВЕДЕНИЕ

При проведении поляризационных экспериментов, в основе которых лежат измерения лево-правых /азимутальных/ асимметрий рассеяния, важно учитывать влияние на результат измерений ряда ложных эффектов, приводящих к т.н. ложным асимметриям рассеяния. Тот факт, что такие характеристики экспериментальных установок, как, например, энергетические и угловые разрешения, не беспредельно малы, но имеют конечное значение, является обычным источником возникновения целого ряда ложных эффектов. Часть из них, связанная с угловой зависимостью дифференциальных сечений, уже детально рассматривалась в литературе /1-3/.

В настоящей работе мы рассмотрим некоторые эффекты, связанные с энергетической зависимостью сечений и поляризаций в опытах по двойному рассеянию.

Если пренебречь энергетическим и угловым разбросами в первичном пучке частиц и не учитывать некоторые тривиальные эффекты, возникающие вследствие неточностей юстировочного характера, то можно выделить три основных аппаратных источника ложных асимметрий при двойном рассеянии, связанных с существованием корреляций типа:

1/ угол первого /поляризующего/ рассеяния - угол второго /анализирующего/ рассеяния;

2/ энергия частиц, падающих на анализатор, - угол анализирующего рассеяния;

3/ энергия частиц, рассеянных на поляризаторе, - угол многократного рассеяния в веществе анализатора и счетчиков во втором рассеянии.

Первый из этих источников погрешностей подробно рассмотрен в работах /1-3/. Формулы для величины ложных асим-

метров, ранее полученные в одной из них <sup>12/</sup>, ниже нами будут обобщены на случай существования корреляций типа "энергия - угол второго рассеяния", т.е. с учетом второго типа вышеотмеченных нами источников аппаратурных погрешностей.

## §2. ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЕЛИЧИНЫ АЗИМУТАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ РАССЕЙНИЯ, НАБЛЮДАЕМОЙ НА ОПЫТЕ

Общие соображения. Как известно, энергия частиц, рассеянных поляризатором, варьируется с изменением угла первого рассеяния. Поэтому при конечных поперечных размерах анализатора /и счетчиков/ падающие на него частицы будут анизотропно распределены по энергии. Поскольку сечения рассеяния частиц ядром анализатора достаточно резко зависят от энергии, то вероятность второго рассеяния, при прочих равных условиях, будет функцией двух или более переменных: угла первого рассеяния, угла и энергии второго рассеяния. Вследствие существования между ними определенной взаимосвязи может возникнуть аппаратурная асимметрия в рассеянии на анализаторе даже в тех случаях, когда пучки не поляризованы. Значения такой ложной асимметрии определить абсолютно точно затруднительно. Однако ее можно оценить практически всегда с достаточно малой погрешностью путем подсчета по аналитическим формулам или посредством моделирования процесса двойного рассеяния на ЭВМ по методу Монте-Карло.

Исходные условия и обозначения. При получении формул, необходимых для практических аналитических оценок, мы будем исходить из схемы рассеяния и геометрии экспериментальной установки опыта по двойному рассеянию, показанных на рис. 1.

На этом рисунке символами "А" и "В" обозначены первая и вторая мишени соответственно; L и R означают левые и правые положения анализирующих счетчиков;  $\phi$  и  $\beta$  - углы первого и второго рассеяний соответственно, отсчитываемые так, как это показано на рис. 1;  $2\theta_1$  - угол на плоскости рассеяния, охватываемый второй мишенью. Остальные обозначения ясны из рисунка. Естественно, всюду предполагается, что телесные

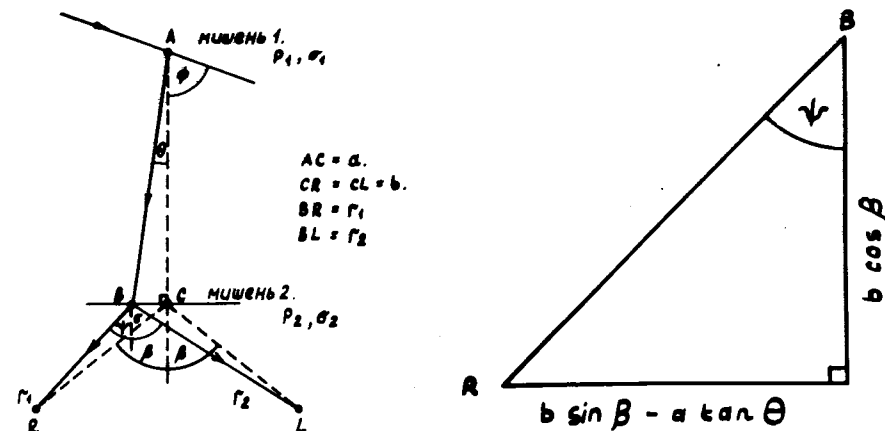


Рис.1. Схема опыта и обозначения. Рис.2. Связь углов  $\psi$  и  $\beta$ .

углы, охватываемые счетчиками слева и справа от анализатора, одинаковы. Рассматриваемая нами схема соответствует "хорошей геометрии опыта", т.е. такому случаю, когда выполнены следующие условия:

- 1/ размеры мишени много меньше расстояния AC;
- 2/ размеры счетчиков R и L много меньше расстояния LC = RC.

Выражение для отношения величин  $N_L/N_R$ . Лево-правая азимутальная асимметрия рассеяния  $\alpha_{\text{набл.}}$ , измеряемая обычно на опыте, записывается согласно <sup>3/</sup> в виде

$$\alpha = \frac{N_L - N_R}{N_L + N_R} = \frac{1 - N_R/N_L}{1 + N_R/N_L} \quad /1/$$

Здесь  $N$  и  $N_R$  - скорости счета счетчиков, регистрирующих акты двойного рассеяния в положениях L и R соответственно.

Величина отношения  $N_R/N_L$  зависит от искомых динамических величин, поляризации или анализирующей способности второй мишени, а также от некоторых аппаратурных параметров экспериментальной установки. В приближении тонких мишеней А и В для отношения  $N_L/N_R$ , получаемого на опыте, имеем

$$\frac{N_R}{N_L} = \frac{\int_{-\theta_1}^{+\theta_2} \sigma_1(\phi+\theta) \cdot \sigma_2(\psi-\theta) \cdot S(\theta) \cdot \frac{1}{r_1^2} [1 + P_1(\phi+\theta) \cdot P_2(\psi-\theta)] d\theta}{\int_{-\theta_1}^{+\theta_2} \sigma_1(\phi+\theta) \cdot \sigma_2(\delta+\theta) \cdot S(\theta) \cdot \frac{1}{r_2^2} [1 + P_1(\phi+\theta) \cdot P_2(\delta+\theta)] d\theta} \quad /2/$$

Здесь  $P_1$  представляет собой угловое распределение поляризации, возникающей при рассеянии на первой мишени,  $P_2$  - величина анализирующей способности второй мишени. В ряде экспериментов, когда известна  $P_1$ , эта величина также может находиться из опыта по двойному рассеянию. Функции  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  являются известными величинами и представляют собой дифференциальные сечения процессов первого и второго рассеяний соответственно;  $E$  - энергия частиц, падающих на анализатор;  $r_1$  и  $r_2$  - расстояния от точки рассеяния частицы в мишени В до счетчиков R и L соответственно /см. рис. 1/;  $S(\theta)$  - функция, зависящая от формы анализатора и его размера /формфактор мишени/.

В отношении /2/ мы не учитываем толщину первого рассеивателя, поскольку в наиболее распространенном случае, когда падающие на поляризатор частицы равномерно распределены по мишени, в отношении /2/ выпадают все геометрические параметры, связанные с размерами мишени и пучка. Перед тем, как выполнить интегрирование в /2/, разложим в ряд по  $\theta$  до членов второго порядка малости включительно следующие функции:

$$\frac{1}{r_1^2} = 1 - \frac{a^2 \theta^2}{b^2} + \frac{2a\theta}{b} \sin \beta, \quad /3/$$

$$\frac{1}{r_2^2} = 1 - \frac{a^2 \theta^2}{b^2} - \frac{2a\theta}{b} \sin \beta. \quad /4/$$

Учитывая, что в этом приближении

$$\psi - \theta = \beta - \left( \frac{a \cos \beta}{b} + 1 \right) \theta - \frac{a^2 \sin 2\beta}{2b} \theta^2$$

и

$$E(\phi + \theta) = E + E' \cdot \theta + (E'' \theta^2) / 2, \quad /5/$$

для функций  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  имеем:

$$\sigma_1(\phi + \theta) = \sigma_1 + \sigma_1' \cdot \theta + \frac{\sigma_1'' \theta^2}{2}, \quad /6/$$

$$\begin{aligned} \sigma_2(\psi - \theta, E(\phi + \theta)) = & \sigma_2 + (-\sigma_{2\beta}' A + \sigma_{2E}' E') \theta + \\ & + (-\sigma_{2\beta}'' B^2 \sin 2\beta + \sigma_{2E}'' E'' + \sigma_{2\beta\beta}'' A^2 - 2\sigma_{2\beta E}'' AE + \sigma_{2EE}'' (E')^2) \frac{\theta^2}{2}, \end{aligned} \quad /7/$$

$$\text{где } A = \frac{a \cos \beta}{b} + 1 \quad \text{и} \quad B = \frac{a}{b}.$$

Аналогично для  $\sigma_2(\delta + \theta, E(\phi + \theta))$  в тех же обозначениях получаем:

$$\begin{aligned} \sigma_2(\delta + \theta, E(\phi + \theta)) = & \sigma_2 + (\sigma_{2\beta}' A + \sigma_{2E}' E') \theta + (-\sigma_{2\beta}'' B^2 \cdot \sin 2\beta + \\ & + \sigma_{2E}'' E'' + \sigma_{2\beta\beta}'' A^2 + 2\sigma_{2\beta E}'' AE' + \sigma_{2EE}'' (E')^2) \frac{\theta^2}{2}. \end{aligned} \quad /8/$$

Выражения для разложений угловых и энергетических зависимостей

$$P_1(\phi + \theta), \quad P_2(\psi - \theta, E(\phi + \theta)) \quad \text{и} \quad P_2(\delta + \theta, E(\phi + \theta))$$

аналогичны и получаются путем замены  $\sigma_2$  на  $P_2$  и  $\sigma_1$  на  $P_1$ . Выражение для формфактора  $S(\theta)$  зависит от геометрии анализирующей мишени. Так, например,

$$S(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{для прямоугольной} \\ \frac{1}{\sqrt{\theta_1^2 - \theta^2}} & \text{формы,} \\ & \text{для круглой формы.} \end{cases} \quad /9/$$

Окончательно с учетом /3/÷/9/ получаем

$$\frac{N_R}{N_L} = \frac{1 + (R + S) \frac{\theta_1^2}{n} + P_1 P_2 \{1 + [(V + PT + QU + R) + (W + QT + UP + S)] \frac{\theta_1^2}{n}\}}{1 + (R - S) \frac{\theta_1^2}{n} - P_1 P_2 \{1 + [(V + PT + QU + R) - (W + QT + UP + S)] \frac{\theta_1^2}{n}\}} \quad /10/$$

Здесь использованы следующие обозначения для аппаратурных функций:

$$P = \frac{\sigma'_1}{\sigma_1}; \quad Q = 2B \sin \beta - \frac{A\sigma'_2 \beta}{\sigma_2};$$

$$R = \frac{A^2}{2} \cdot \frac{\sigma''_{2\beta\beta}}{\sigma_2} - \frac{B^2}{2} \sin 2\beta \frac{\sigma'_2}{\sigma_2} + \frac{\sigma''_1}{2\sigma_1} - B^2 - 2AB(\sin \beta) \cdot \frac{\sigma'_2}{\sigma_2} +$$

$$+ \frac{\sigma'_1 \cdot \sigma'_{2E} E'}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} + \frac{\sigma'_{2E} \cdot E''}{2\sigma_2} + \frac{\sigma''_{2EE} (E')^2}{2\sigma_2};$$

$$S = \frac{\sigma'_1}{\sigma_1} \left[ 2B \sin \beta - A \frac{\sigma'_2 \beta}{\sigma_2} \right] + \frac{2B \sin \beta \cdot \sigma'_{2E} \cdot E'}{\sigma_2} - \frac{\sigma''_{2\beta E} A E'}{\sigma_2};$$

$$V = \frac{A^2}{2} \cdot \frac{P''_{2\beta\beta}}{P_2} - \frac{B^2}{2} \sin 2\beta \cdot \frac{P'_{2\beta}}{P_2} + \frac{P''_1}{2P_1} + \frac{\sigma'_1 P'_{2E} E'}{\sigma_1 P_2} +$$

$$+ \frac{P'_{2E} \cdot E'}{2P_2} + \frac{P''_{2EE} (E')^2}{2P_2} + \frac{\sigma'_{2E} (E')^2 P'_{2E}}{\sigma_2 P_2} + \frac{P'_1 \cdot P'_{2E} \cdot E'}{P_1 P_2} + \frac{P'_1 \sigma'_{2E} E'}{\sigma_2 P_1};$$

$$W = -A \frac{P'_1 P'_{2\beta}}{P_1 P_2} + \frac{2B \sin \beta P'_{2E} E'}{P_2} - \frac{P''_{2\beta E} A E'}{P_2} -$$

$$- \frac{\sigma'_{2E} \cdot E' \cdot P'_{2\beta} A}{\sigma_2 P_2} - \frac{\sigma'_2 \beta A \cdot P'_{2E} \cdot E'}{\sigma_2 P_2};$$

В формуле /10/ следует положить  $n=3$  для прямоугольной анализирующей мишени и  $n=4$  для круглого анализатора.

### §3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННОГО РЕЗУЛЬТАТА

Таким образом, отношение  $N_R/N_L$  и, следовательно, измеряемая на опыте асимметрия рассеяния определяются, с одной стороны, величинами, зависящими от динамики взаимодействия, а с другой - возможностями измерительного прибора: угловыми разрешениями, аппаратными функциями и т.д.

По своей формальной структуре выведенное нами выражение полностью совпадает с уже известным в литературе результатом

работы /1,2/, в которой выражение для  $N_R/N_L$  получено при менее общих предположениях /с учетом только угловых зависимостей  $\sigma_2$  и  $P_2$  /.

Нами было вычислено отношение  $N_R/N_L$  в частном случае рассеяния двух протонов при энергии 640 МэВ на угол  $\phi=20^\circ$  л.с. / $a=1$  м,  $b=0,8$  м,  $\beta=10^\circ$  л.с.,  $\Theta_{лс}=0,5^\circ$  /. Расчет по вышеприведенным формулам показал, что аппаратные характеристики проявляются в асимметрии рассеяния уже в 3-4 порядке и эффект ложной асимметрии, вызываемой этим обстоятельством, необходимо учитывать при измерении весьма малых экспериментальных асимметрий / $\delta \leq 0,05$ / или проведении прецизионных измерений с относительными погрешностями  $\sim 1\%$  или лучше.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Evans J.E. A.E.R.E Report R-3347.
2. Поляризация нуклонов. Труды Международной конференции по поляризационным явлениям в ядрах. Базель, 1960. Измерение поляризации в  $^{12}\text{C}(p, p)$ -рассеянии. Эванс Дж.Е.
3. Пучеров Н.Н. ИФ-69-8, Киев, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 февраля 1979 года.